

N79-25974



Академия наук СССР
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

RECEIVED BY

ESA - SDS

- 8 GEN 1979

DATE:

DCAF NO. 438100

Пр - 422

PROCESSED BY

☐ NASA STI FACILITY

☐ ESA - SDS ☐ AIAA

TM-75628

Н.Я.ШАПИРОВСКАЯ

О ПЕРЕМЕННОСТИ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

В ДЕЦИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

И ИХ КОРРЕЛЯЦИИ С ГАЛАКТИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ

Москва

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пр - 422

Н.Я.ШАПИРОВСКАЯ

О ПЕРЕМЕННОСТИ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ
В ДЕЦИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ
И ИХ КОРРЕЛЯЦИИ С ГАЛАКТИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ

1978

It is shown that all of the known up to now extragalactic radiosources variable in the dm range ($\lambda \geq 30$ cm) are projected on the large continuum radio structure of Galaxy: loops, spurs, ridges. Probability that coordinates could coincide is $\leq 10^{-7}$. The variations in the intensity are explained by scintillations (focusing regime) on the large-scale irregularities of electron density in the medium of loops, spurs, ridges with the dimension of $\sim 10^{13}$ cm.

Based on the known experimental data it is shown that the angle of scattering of extragalactic radiation and the dispersion measures of pulsars projecting on the loops greater than those of the sources being outside the loops.

Показано, что все известные к настоящему времени переменные в дециметровом диапазоне ($\lambda \geq 30$ см) внегалактические радионисточники проектируются на крупномасштабные объекты радиоизлучения Галактики — петли, шпурсы, риджи. Вероятность случайного совпадения координат $\leq 10^{-7}$. Вариации потоков источников объясняются мерцаниями (режим фокусировки излучения) на крупномасштабных неоднородностях среды петель, шпуров, риджей, размером порядка $\sim 10^{13}$ см.

Рассмотрена корреляция характеристик излучения источников с их положением относительно Галактических петель. По известным экспериментальным данным показано, что угол рассеяния излучения внегалактических источников и мерн дисперсии пульсаров, проектирующихся на петли значительно выше, чем у источников, лежащих вне петель.

В 1972 году Ханстэд [1] сообщил о значительных вариациях потоков внегалактических источников на частоте 408 МГц с характерным временем ~ 1 год. Эти результаты оказались неожиданными, так как общепринятая теория переменности внегалактических источников за счет адиабатического расширения облака релятивистских частиц предсказывала угасание вариаций на частотах ниже 1000 МГц [2].

В 1975 - 1976 г.г. появился ряд экспериментальных работ [3-8], подтверждающих результаты Ханстэда. Вариации вновь обнаруженных переменных источников носили тот же характер, указывая на вероятно общую природу низкочастотной переменности. Однако объяснение ее в рамках синхронного некогерентного источника затруднительно.

Для источников с известными красными смещениями из характерного времени вариаций τ оценивается верхний предел линейных размеров ($< ct$) и по нему угловой размер

$\vartheta \leq 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$. Это соответствует яркостной температуре $T_j = 10^{15}$ К, что значительно превышает максимальную

$T_{\text{я}} = 10^{12}$ К синхротронного некогерентного источника. Для объяснения низкочастотных вариаций предлагались две возможности: либо источник когерентный [10], либо он расположен на не космологическом расстоянии [11]. В работах [1, 5] рассматривалась возможность влияния космической плазмы на изменения потоков и было показано, что ни межзвездной, ни межпланетной, ни ионосферной средами эти явления не объясняются.

Некоторые авторы пытались выявить общие свойства этих объектов. Изучались спектры, отождествления, структура, переменность на высоких частотах. И лишь в одном была найдена общность — все переменные источники содержат компактные детали в дециметровом диапазоне (данные, полученные из интерферометрических измерений и межпланетных мерцаний).

К настоящему времени сложилось следующее представление о свойствах низкочастотной переменности.

1. источники показывают значительную переменность (до 50%) потоков на частотах ниже 1000 МГц;
2. вероятно, что природа этих вариаций отлична от известной переменности потоков на более высоких частотах;
3. низкочастотные вариации не укладываются в общепринятую теорию синхротронного некогерентного источника.

Сейчас известно 15 уверенно переменных внегалактических источников на частоте ~ 400 МГц. (таблица I). Источники, в переменности которых нет достаточной уверенности, в рассмотрение не включались. В данной работе, как нам кажется, удалось выявить общее свойство этих объектов, которое может объяснить природу вариаций. Обращает внимание тот факт, что эти 15 источников проектируются на структуру Галактики — шпу-

ры, риджи, петли. (В дальнейшем будем пользоваться термином "петли" для обозначения подобных структур). На рис. I приведены примеры положения петель [12, 13] и проекций переменных источников на небесную сферу.

Хотя природа происхождения петель до сих пор не ясна, не вызывает сомнения сам факт существования подобных структур. Считается, что излучение в петлях носит синхротронный характер, магнитное поле в них не более 10^{-5} Гс, электронная плотность $n \approx 0,05 - 0,1 \text{ см}^{-3}$ (в зависимости от той или иной гипотезы происхождения петель), они расположены близко от Солнца, на расстоянии ~ 100 пк.

Петли занимают примерно треть площади всей небесной сферы, и случайное совпадение всех переменных источников и петель маловероятно. Полагая распределение этих объектов изотропным, можно оценить вероятность случайного проектирования их на петли. Для 15 источников эта вероятность меньше 10^{-7} .

Возможно, что природа переменности на частотах 900-1000 МГц такая же, что и на 400 МГц. Впервые об измерениях вариаций потока СТА - 102 на частоте 920 МГц сообщил Шоломицкий

[14] (этот источник переменен и на 400 МГц). В недавней публикации Стэннарда и Бентли [15] из 50 изученных ими источников 19 оказались уверенно переменными. Их положение на небесной сфере так же прекрасно коррелирует с петлями.

Итак, считая, что проекция переменных источников на петли не случайна, можно объяснить низкочастотные вариации потоков мерцаниями на структуре петель.

Условия, которым должна удовлетворять среда, таковы:

1. амплитуды вариаций потоков выше 15% ;

2. характерные времена вариаций $\tau \sim 1$ года;
 3. угловой размер мерцающего источника в пределах
 $1'' \cdot 10^{-3} \leq \varphi \leq 1'' \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^{-1}$

(нижний предел обусловлен максимально возможной $T_{\text{н}} = 10^{12}$ К синхротронного некогерентного источника, верхний предел следует из данных по межпланетным мерцаниям или интерферометрических измерений);

4. расстояние от наблюдателя до петель z порядка 100 пк
 5. флуктуации электронной плотности среды неоднородностей

$$\Delta n_e \approx 0,05 \text{ см}^{-3}, \text{ полагая } \frac{\Delta n_e}{n_e} \leq 1;$$

6. скорости среды петель относительно наблюдателя $V = 10-20 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

(так как расстояние от Солнца не велико, то дифференциальные скорости вращения Галактики малы, и основную роль играют перкулярные скорости среды и вращение Земли вокруг Солнца).

При оценке возможности мерцаний рассмотрим простейшую модель: среда в виде тонкого фазового экрана с одним характерным размером неоднородности - (спектр неоднородностей принят гауссов). Для заданных τ и V размер области с одинаковым потоком в картинной плоскости у Земли должен быть равен $L \approx 10^{13}$ см. Можно показать, что привычный для астрофизиков механизм мерцаний за счет интерференции лучей от многих неоднородностей (как в случае межзвездных мерцаний пульсаров и межпланетных квазаров) не работает. В теории мерцаний размер неоднородности $a \geq L$, и поэтому наблюдатель оказывается в ближней зоне (граница ближней и дальней зон $z_0 = \frac{2a^2}{\lambda}$). В ближней зоне мерцания за счет интерференции от многих неоднородностей замирают, и изменения потоков источников вызваны фокусирующими действиями неоднородностей, как линз.

если мы находимся на расстоянии порядка фокусного расстояния. Собирающие линзы будут фокусировать сигнал, рассеивающие - ослаблять. Подобные явления наблюдаются при распространении радиоволн в ионосфере [16].

Рассмотрение в рамках геометрической оптики позволяет оценить модель экрана. Коэффициент мерцаний - m (определяемый, как $m = \frac{\Delta I^2}{I^2}$, где ΔI - флуктуации интенсивности, I - интенсивность) зависит от двух параметров: набега фазы на экране - φ_0 (для среды с гауссовым спектром неоднородностей $\varphi_0 = (2\pi)^{1/4} \Omega_e \Delta z \lambda \sqrt{a} h$, где λ_e - радиус электрона, h - толщина экрана) и соотношения z/z_0 или z/z_F (где $z_F = \frac{\pi a^2}{\lambda \varphi_0}$ - фокусное расстояние системы линз). В районе фокуса ($z/z_F \approx 1$) осуществляется режим сильной статической фокусировки и $m \propto \ln \varphi_0 > 1$. Необходимый нам коэффициент мерцаний ($m \approx 0,3-0,7$) реализуется на границе областей сильной и слабой фокусировки. Из условия $z \leq z_F$ и были оценены параметры среды: $a \approx 4 \cdot 10^{13}$ см, $h \approx 10$ пк, $\Delta n \approx 0,05$ см⁻³. Причем наблюдатель помещается перед фокусом так, что $z_F \approx 3z$. Можно представить модель среды, когда наблюдатель находится за фокусом. При этом условии размер неоднородности должен быть уменьшен в 10^3 раз, либо φ_0 увеличен на порядок. Теоретические вопросы случайной фокусировки детально рассмотрены в работах [17, 18]. Расчеты по точным формулам для данной модели лишь незначительно отличаются от приведенных сечений.

Если линейные размеры источника, проектирующегося на петли, превысят размеры неоднородности (в угловой мере это составляет $\sim 5 \cdot 10^{-2}$), то фокусирующее действие экрана будет

ослаблено, так как фокусировка частей источника будет происходить некогерентно.

Полоса корреляции для данной модели порядка одной - нескольких сот МГц. При увеличении длины волны мы будем приближаться к фокусу линзы, при этом размер области фокусировки будет быстро уменьшаться (в фокусе $L \approx a/c$), и полоса корреляции резко сужается до нескольких МГц. Наоборот, при движении в сторону больших частот, мы удаляемся от фокуса, и картина разфокусируется. В этом районе $m \propto \lambda^2$ (Это рассмотрение справедливо для случая $z \leq z_f$ и будет обратным для $z \geq z_f$). Одновременные наблюдения вариаций потоков источников на разных частотах в течение нескольких лет помогут существенно уточнить модель среды и подтвердить изложенную выше интерпретацию переменности радиодисточников.

Если предложенная гипотеза о корреляции положений переменных источников и петель справедлива, то естественно предположить, что влияние петель должно сказываться не только на низкочастотных вариациях потоков источников, но также и на других характеристиках излучения, прошедшего через петли, в частности, на параметрах, получаемых из наблюдений межпланетных и межзвездных мерцаний.

В этом аспекте в работе сравнивается ряд экспериментальных данных по величинам углов рассеяния внегалактических источников и мер дисперсии пульсаров для источников, проектирующихся на петли и лежащих вне петель. Придерживаясь принятой в настоящее время гипотезы, что петли - оболочечные объекты [12, 13, 19], будем считать, что излучение источников, проектирующихся на петли (т.е. лежащих внутри малых кругов на небесной сфере, обозначенных на рис. 1), взаимодействует со средой петель

и несет информацию об этой среде.

1. Угол рассеяния внегалактических источников

Одной из важнейших характеристик среды, через которую распространяется волна, является угол рассеяния - Θ_s . Его величина целиком определяется параметрами среды на волне наблюдения. В простейшей модели среды в виде тонкого фазового экрана толщиной - h с характерным размером неоднородностей - a , угол рассеяния определяется как

$$\Theta_s \propto \sqrt{\langle \Delta n^2 \rangle} a^{-1/2} h^{1/2} \lambda^2, \quad (1)$$

где

$\langle \Delta n^2 \rangle^{1/2}$ - среднеквадратичное значение флуктуации электронной концентрации на характерном размере неоднородности

a , λ - классический радиус электрона.

Как видно из (1), Θ_s зависит от длины волны и поэтому на низких частотах (десятки - сотни МГц) кажущийся размер компактных источников значительно увеличен из-за рассеяния [20, 21, 22, 23]. Наиболее достоверно угол рассеяния внегалактических источников определен для 32 источников в работе [23] по измерению кажущихся угловых диаметров методом межпланетных мерцаний на двух близких частотах 81,5 и 151,5 МГц. Полагая, что собственные размеры источников на близких частотах одинаковы, авторы получают выражение для угла рассеяния на частоте 81,5 МГц:

$$\Theta_s^2(81,5) = \Theta_n^2(81,5) - \Theta_n^2(151,5), \quad (2)$$

где Θ_n - кажущаяся угловой диаметр источника на соответствующей частоте.

По полученным углам рассеяния в работе [23] была построена хорошо выраженная зависимость Θ_s от галактической широты.

Полагая, что среда петель должна внести свой вклад в угол рассеяния источников, по данным работ [21 и 23] и методике, изложенной в работе [23], проведено сравнение углов рассеяния двух групп источников: А - проектирующихся на петли и В - лежащих вне петель. Обе группы источников находятся в высоких галактических широтах $|b| \geq 40^\circ$. (рис. 2, таблица I). Такой диапазон широт был выбран по нескольким соображениям: при $|b| \geq 40^\circ$ угол рассеяния практически не зависит от широты, в то время как для более низких широт зависимость довольно резкая; на более низких широтах петли занимают большой процент площади небесной сферы, и трудно разделить источники, проектирующиеся на петли и вне петель.

При наличии в среде петель неоднородностей больших размеров $\sim 10^{13}$ см логично предположить, что в петлях существуют и неоднородности меньших размеров, и поэтому суммарный угол рассеяния от всех неоднородностей может быть значительным. Результаты, полученные из таблицы II, подтверждают высказанное предположение. Хотя статистика источников не велика (по девять источников в каждой группе), и поэтому точность абсолютных значений углов рассеяния мала, разница в величинах средних углов рассеяния групп А и В видна отчетливо.

2. Мера дисперсии пульсаров

Если пульсары распределены изотропно по направлениям и расстояниям для высоких галактических широт, то мера дисперсии пульсаров DM ($DM = n_e l$, где n_e - концентрация электронов на луче зрения, l - расстояние до пульсара в межзвездной среде) для пульсаров, проектирующихся на петли, в среднем должна быть выше, чем у пульсаров, лежащих вне петель, если

влияние петель существенно. Было рассмотрено две группы пульсаров: А и В (рис. 3, таблица III), находящихся в высоких широтах $|b| > 26^\circ$. Сведения о пульсарах были взяты из работы [24]. Высокие широты были выбраны по тем же соображениям, что и при рассмотрении угла рассеяния внегалактических источников. В обе группы А и В были выбраны лишь те пульсары, по положению которых можно довольно четко судить об их корреляции с положением петель. Пульсары типа PSR 1508 ($l = 91^\circ$, $b = 53^\circ$), который проектируется вне петли, но, возможно, лежит на оклоне Северного шпура, образующего одну из сторон петли I, в рассмотрении не участвовали. Полагая, что расстояние до петель в среднем ~ 100 пк [12] и что концентрация межзвездной среды $n_e \approx 0,03 \text{ см}^{-3}$ [26], можно считать, что пульсары с $DM > 3$ находятся за петлями. Из таблицы III видно, что для пульсаров группы А средняя мера дисперсии $\overline{DM} = 24$, а у группы В $\overline{DM} = 13$. Этот результат подтверждает высказанное предположение, что петли выделяются на фоне межзвездной среды и среда петель обладает несколько большей электронной концентрацией, чем межзвездная среда вне петель. Здесь также подтверждается тот факт, что петли расположены относительно близко к Солнцу, а пульсары с $DM > 3$ располагаются за петлями.

Таким образом, рассмотрение, проведенное для углов рассеяния внегалактических источников и мерам дисперсия пульсаров указывает на тот факт, что среда петель оказывает влияние на излучение, проходящее сквозь нее. Тем самым, косвенно подтверждается предложенная гипотеза о возникновении переменности внегалактических источников в дм диапазоне волн за счет фокусировки излучения на неоднородностях среди петель.

Я благодарна Кардашеву Н.С. за внимание и помощь в работе, а также Брухимову Л.М. за полезную дискуссию.

Таблица 1.

Грания и место наблюдения, 400 МГц, температура	Источники	Спектры источ- ников 400 МГц	Стоп- дест- вления	Перемен- ность по высоким частотам (+) - означает наличие перемен- ности	Данные по межпланет- ным мерца- ниям исто- чников, 400 МГц	Примечания
I	2	3	4	5	6	7
Мозонгло, Австралия.	3С 454.3	норм.	QSO Z=0,859	+	$m=100\%$ $\gamma=0,13$	По данным 5 и 9 не переменен. По данным 6 переменен
Наблюдения с 1,1937 по 2,1971	СТА-102	плос- кий	QSO Z=1,037	+	$m=100\%$ $\gamma=0,15$	По данным 9 не переменен По данным 4 возможно пере- мен.
[1]	PKS 1504-16.7	плос- кий	галак- тика		$m=100\%$ $\gamma=1$	По данным 6 переменен.
	PKS 1524-13	норм.	галак- тика			

Автоматиз. Эшк. 86, loc
Наблюдения с
6,1972 по
1,1975 [3]

По данным тех же авторов
вариации потока коррелируют
с переменностью на частоте
- 960 МГц

Таблица I (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7
Аресно. Наблюдалась тенорка из 60 источников [4]	FKS 1345+12	плас- кий	гашек- тика			
Техасский университет. Наблюдалась в борка из 1500 источников	3С 43 3С 158	норм. норм.	 неясный		$m = 100\%$ $\gamma = 0,15$ $m = 20\%$ $\gamma = 0,23$ $m = 60\%$ $\gamma = 0,20$	 По данным 4 возможно перемеш.
Наблюдения с 5, 1973 по 1, 1975 [5]	FKS 0785+17 DA - 406 3С 437.1	плас- кий плас- ский норм.	QSO QSO Z = 1,401 чистое поле	+ +		
Уолонгто.	FKS 0736+07	плас- кий	Z = 0,191		$m = 100\%$ $\gamma = 0,13$	

Таблица I (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7
Австралия. Наблюдения с 3.1975 по 3.1976 [6]	PKS 1148-001	плюс- кий	QSO Z = 1,982		m = 100%	
Бразилия, СССР. Наблюдения с 3.1972 по 1.1975 [7, 8]	ЗС 380 ЗС 273	норм. плюс- кий	QSO Z = 0,691 QSO Z = 0,158	+	m = 30% ψ = 0,7°	

m - коэффициент мерцаний,

ψ - угловой размер.

Таблица II

Источники, проектирующиеся на петли.

Группа А

Источники, проектирующиеся вне петель.

Группа Б

I	Группа А				Группа Б			
	β	ϵ	θ_s^1	$\Delta\theta_s^1$	1	2	3	4
30 2	-60	100	+ 0,33	$\pm 0,2$	30 216	+ 43	178	0
30 43	-41	135	-0,047	$\pm 0,2$	30 225	+ 44	220	- 0,087
30 53	-62	157	+0,053	$\pm 0,2$	30 237	+ 47	232	0
30 272	+54	290	+0,75	$\pm 0,2$	30 238	+ 47	234	- 0,037
30 275	+ 58	299	0	$\pm 0,1$	30 241	+ 56	214	+ 0,05
30 298	+ 61	352	0	$\pm 0,2$	30 263.1	+ 53	262	- 0,16
30 445	- 47	62	0	$\pm 0,2$	30 267	+ 69	257	- 0,11
30 446	- 49	59	+0,1125	$\pm 0,1$	30 287	+ 81	20	- 0,037
30 459	- 52	82	+0,043	$\pm 0,2$	30 230	+ 40	235	0
Средний квадрат угла рассеяния источников с учетом веса каждого								
$\theta_s^1 = 0,134 \pm 0,08$				$\theta_s^2 = - 0,014 \pm 0,02$				

I - наименование источника, 2 - Галактические координаты, 3 - квадрат угла рассеяния, 4 - ошибка определения θ_s^1 .

Таблица III

Пульсары, проектирующиеся на "петли" Пульсары, проектирующиеся вне "петель"

группа А			группа В		
Пульсар	галактические координаты l	Мера дисперсии DM	Пульсар	галактические координаты l	Мера дисперсии DM
P 0031-07	-70	10.89	P 0254-54	-55	10.00
P 0809+74	+32	5.84	P 0301+19	-33	15.70
P 0823+26	32	19.40	P 0450-18	-34	39.90
P 1541+09	46	35.00	P 0943+10	43	15.35
P 1604-00	36	10.72	P 0950+08	44	2.965
P 1642-03	26	35.71	P 1112+50	61	9.20
P 2303+30	-27	49.90	P 1133+16	69	4.884
			P 1237+25	87	9.254
			P 2045-16	-33	11.51

$$\overline{DM} = 23.92 \pm 5.65$$

$$\overline{DM} = 13.19 \pm 3.42$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Munstead R.W., 1972, *Astrophys. Lett.*, 12, 193.
2. Kellermann K.I., Pauliny-Toth I.I.K., 1968, *Ann. Rev. Ast. and Sp.*, 6, 417.
3. Stannard D. et al., 1975, *Nature*, 255, 384.
4. Conklin E.K., 1975, *B.A.A.S.*, 6, 437.
5. Cotton W.D., 1976, *Ap. J.*, 204, L63.
6. Mc Adam W.B., 1976, *Proc. Astron. Soc. Austral.*, 2, 86.
7. Малумян В.Г., Санамян В.А., 1975, *Астрофизика*, II, 153.
8. Малумян В.Г., Санамян В.А., 1975, *Астрофизика*, II, 699.
9. Readhead A.C.S. et al., 1977, *Ap. J.*, 215, L13.
10. Cocke W.I., Pacholezyk A.G., 1975, *Ap. J.*, 195, 279.
11. Burbidge G.R. et al., 1974, *Ap. J.*, 192, 43.
12. Berkhuysen E.M., 1971, *Astr. and Astroph.*, 14, 359.
13. Spoelstra T.A.Th., 1973, *Astr. and Astroph.*, 24, 149.
14. Шоломицкий Г.Б., 1965, *Int. Bull. Var. Stars, Com.*, 22, IAU 83.
15. Stannard D., Bently M., 1977, *Mon. Notic. Roy. Astr. Soc.*, 180, 703.
16. Ерухимов Л.М., 1965, *Геомагнетизм и аэронавигация*, 5, 693.
17. Шилов В.И., 1971, *Изв. Высш. Уч. Зав., Радиофизика*, XIV, 85.
18. Buckley R., 1971, *Austr. J. Phys.*, 24, 351.
19. Van der Laan H., 1962, *Monthly Not. R. Astr. Soc.*, 124, 125.
20. Readhead A.C.S., Hewish A., 1972, *Nature*, 236, 440.
21. Readhead A.C.S., Hewish A., 1974, *Mem. R. Astr. Soc.*, 78, 1.
22. Readhead A.C.S., Duffett-Smith P.J., 1975, *Astr. Astrophys.*, 42, 151.
23. Duffett-Smith P.J., Readhead A.C.S., 1976, *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, 174, 7.
24. Terzian J., Davidson K., 1976, *Astroph. and Space Science*, 44, 479.
25. Guelin M., 1973, *Proceedings of the IEEE*, September, 1298.

18

Подписи под рисунками

Рис. I -- Корреляция положения переменных источников с петлями, шнурами, риджами.

Ia-петли I и IV [12], источники: DA 406, PK S 1345+12, PK S 1148-001, ЗС 273, PK S 1504-16.7, PK S 1524-13.

Iб-петля IV [13], источник ЗС 273.

Iв-петля II [12], источники: BL Lac, ЗС 437.1, ЗС 454.3, СТА-102.

Iг-петля *Oxidet* [13], источник ЗС 158.

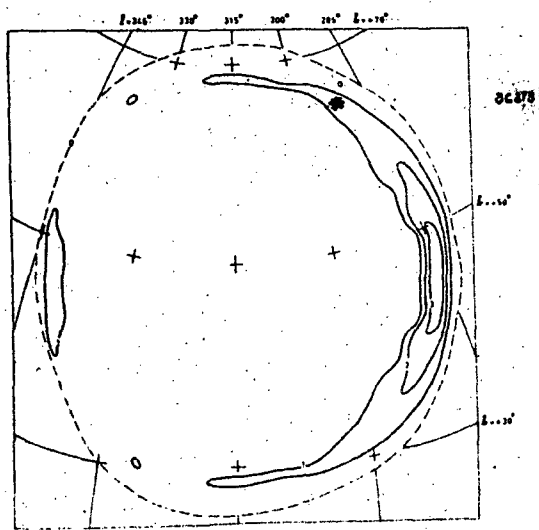
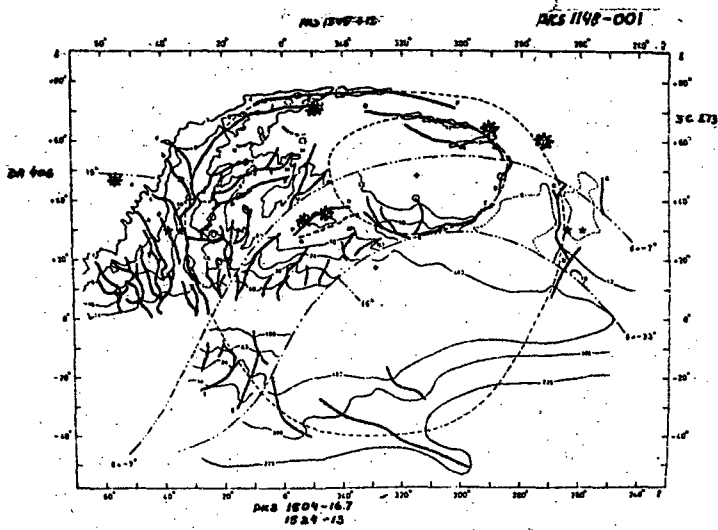
Id-карта изофот с нанесенными петлями I, II, III [12], источники: ЗС 380, ЗС 43, DA 406, PK S 0735+17, PK S 0736+017.

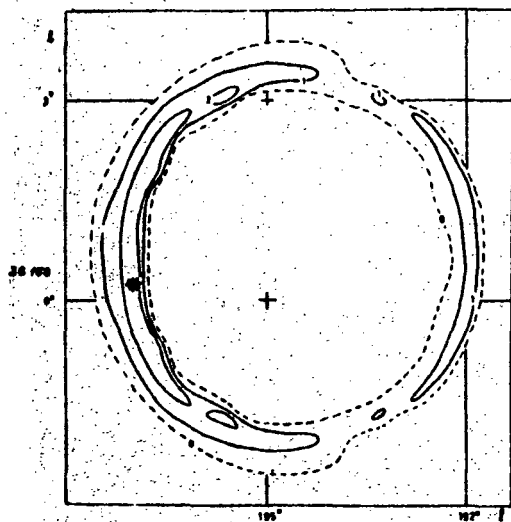
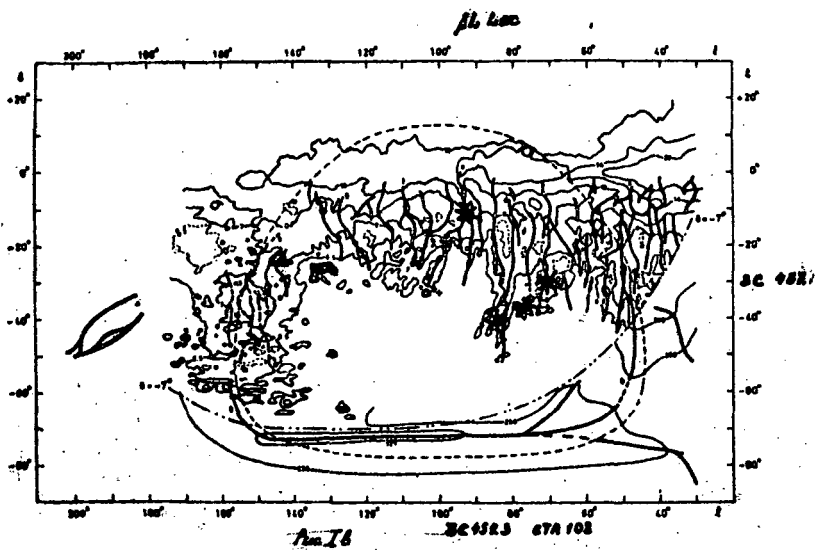
Рис. 2 -- Внегалактические высокоширотные источники, для которых измерен эффективный размер [23], на небесной сфере.

- -- источники, проектирующиеся на петли,
- -- источники, лежащие вне петель.

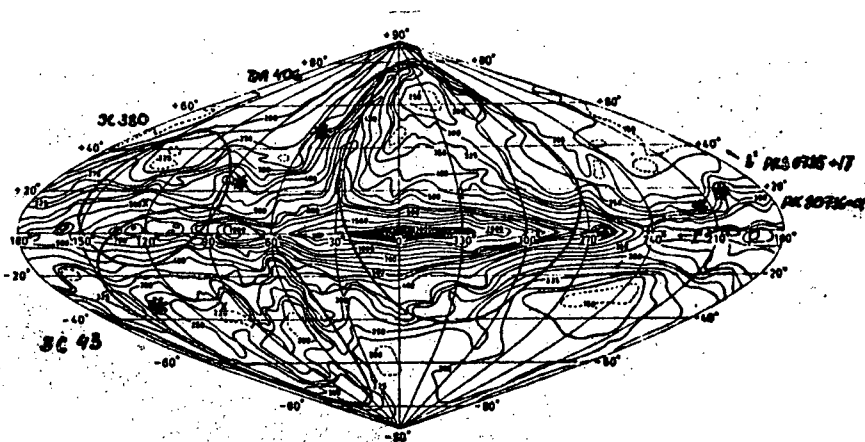
Рис. 3 -- Корреляция положения высокоширотных пульсаров с петлями на небесной сфере.

- -- пульсары, проектирующиеся на петли,
- -- пульсары, лежащие вне петель.





21



pus. Ig.

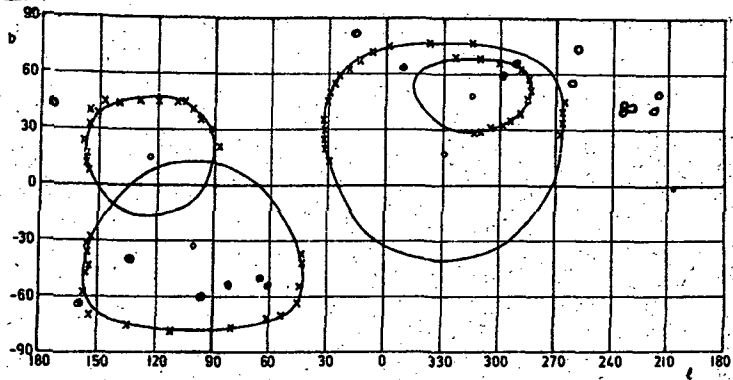


Рис. 2

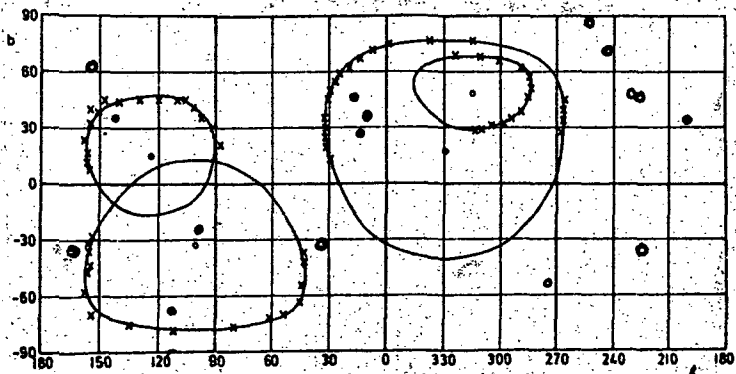


Рис. 3

055(02)2



Отпечатано в ИКИ АН СССР

T-12795

Подписано к печати 6.07.78

Заказ 1848

Тираж 100

Объем I уч.-изд.л.